مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی پانزدهم، پاییز و زمستان۱۳۸۹

سنجش پایداری سکونتگاه‌های روستایی با استفاده از سیستم‌های هوشمند(منطق فازی)

(مطالعه‌ی موردی: بخش قوشخانه‌ی شهرستان شیروان)

علی حاجی نژاد (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه سیستان و بلوچستان)
ahajinejad@qep.usb.ac.ir
علی عسگری (دانشیار برنامه ریزی مخاطرات محیطی دانشگاه یورک (تورنتو) کانادا)
محمود محمودی (کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه سیستان و بلوچستان؛ نویسنده مسؤول)
Mahmoodimahmood25@yahoo.com
محمد شیرازیان (دانشجوی دکتری ریاضیات کاربردی دانشگاه فردوسی مشهد)

چکیده

پایداری، برای مدت زیادی موضوع اصلی پژوهشگران علوم مختلف، به ویژه علوم محیطی بوده است. در هر شاخه‌ی علمی می توان تعریف ویژه ای از پایداری داشت، اما پس از توافق بر سر تعریف پایداری، آنچه که اهمیت دارد نحوه‌ی ارزشیابی پایداری است. پایداری روستا به عنوان یک سکونتگاه انسانی به مجموعه‌ای از عوامل زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی وابسته است. هدف اصلی این پژوهش معرفی نظریه‌ی مجموعه‌های فازی و بسط الگوهای ریاضیات فازی برای ارزشیابی پایداری سکونتگاه‌های روستایی بر پایه‌ی شاخص‌های مختلف اجتماعی،اقتصادی و زیست محیطی است. این مطالعه با مطرح کردن ناکارآمدی و به ویژه عدم سنخیّت روش‌های موجود برای ارزشیابی پایداری سکونتگاه‌های انسانی، می‌کوشد تا منطق فازی را به عنوان یک سیستم هوشمند در ارزشیابی پایداری سکونتگاه‌های انسانی بیازماید و در واقع سؤال اصلی، این‌گونه بیان می-شود که آیا ارزشیابی میزان پایداری و یا ناپایداری سکونتگاه‌های انسانی با روش منطق فازی امکان پذیراست؟ نظریه‌ی مجموعه‌های فازی قادر است نظریّات انسان در ارتباط با پایداری را به یک الگوی ریاضی علمی متصل کند. پیاده سازی عملی هر الگو بر مبنای دریافت کارشناس آگاه از موضوع مورد بررسی و ایجاد یک تابع عضویت برای هر شاخص است. در نهایت سکونتگاه‌های این منطقه به عنوان مطالعه‌ی موردی انتخاب شده

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۹ تاریخ تصویب:۱۳۸۹/۱۱/۴

و آزمون کاربرد منطق فازی در ارزشیابی میزان پایداری آنها اعمال می‌شود. روستای زو با ۰/۵۷۲به عنوان پایدارترین سکونتگاه و سرانی با ۰/۳٤۷، به عنوان ناپایدارترین سکونتگاه گزینش شدند. نتایج نشان داد که تفاوت چشمگیری بین سکونتگاه‌های مختلف این بخش از لحاظ پایداری زیست محیطی و اجتماعی وجود دارد. در صورتی که از لحاظ پایداری اقتصادی سکونتگاه‌ها بسیار همگن‌تراند؛که دلایل آن را باید در توانایی‌های اقتصادی، تنگناهای محیطی، ویژگی‌های فرهنگی و موقعیّت فضایی سکونتگاه‌های مختلف جستجو کرد.

کلیدواژه‌ها: ناپایداری،سکونتگاه‌های کوچک کوهستانی، ارزشیابی، منطق فازی، بخش قوشخانه

درآمد

مفهوم پایداری برای اولین بار در سال ۱۹۷۲در پاسخ به تخریب محیط توسط انسان استفاده شد و عمومیّت یافت.(Sumner,2005:9) اما این مفهوم به صورت نوین و تازه آن، اولین بار از سوی مرکز مشاوره جهانی کلیساها در سال ۱۹۷٤ به کار رفت. این واژه از سوی فعّالان محیط زیست غربی در واکنش به اعتراض‌های گسترده جهانی در زمینه‌ی نگرانی از محیط زیست در شرایطی پیشنهاد شد که افراد بسیاری در گوشه و کنار جهان از فقر و محرومیت رنج می‌بردند. مفهوم توسعه‌ی پایدار هم بعداً از سوی اتحادیه بین المللی حفظ طبیعت و منابع طبیعی[1] در سال ۱۹۸۰ وضع شد.(درسنر،۱٦:۱۳۸٤) توجه به تأثیر پایداری در توسعه هم در سیاست‌های ملی و هم در سیاست‌های بین المللی در دهه‌ی گذشته مدام در حال افزایش است. حال پایداری هسته‌ی اصلی سیاست‌های دولت‌ها از پروژه‌های تحقیقاتی دانشگاهی گرفته تا راهکارهای سازمانی است. (Cornelissen,2007:173)مفهوم پایداری یا ناپایداری، ریشه در دامنه و شکل روابط و تعامل گروههای اجتماعی با محیط طبیعی خود دارد. بر این اساس، توسعه‌ی پایدار مفهومی کاملاً جدید به شمار نمی‌رود، بلکه شاید بتوان گفت این معنا از گذشته، هر چند با ابعاد و مفهومی متفاوت، مطرح بوده است، چنان‌که گروههای ساکن در

1. International Union for conservation of Nature

مناطق مختلف پیوسته از طریق نوعی مدیریت محیطی، در پی سازگاری مناسبات خویش با شرایط محیطی و اکولوژیک بوده است. (بارو،۱۳۷۵:۴۸)

در سال ۱۹۸۷، کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه‌ی سازمان ملل به ریاست نخست وزیر نروژ براندت لند تشکیل شد و گزارش خود را با عنوان "آینده مشترک ما" منتشر کرد. پیشنهاد محوری این سند، که به عنوان گزارش براندت لند یاد می شود، روش تنظیم و تعدیل گستره و دامنه‌ی تقاضاهای رقابتی برای حفاظت زیست محیطی و توسعه‌ی اقتصادی از طریق رهیافت جدید یعنی توسعه‌ی پایدار بود.(درسنر،۱۳۸٤:۱٦) در مطالعات مرتبط با پایداری، چه در مقیاس کلان و چه در مقیاس خرد آن، پایداری جامعه‌ی انسانی موردتوجه است که پس از تسریع در پیشرفت فناوریهای نوین بشری تهدید شده است. پارادایم پایداری صرفاً به محیط زیست طبیعی نمی پردازد و قلمرو آن مفاهیمی نظیر شهر، روستا، انرژی، عدالت و... را شامل می‌شود. شاید بتوان گفت آغاز مباحث و مطالعات روستایی از نتایج عملکرد انقلاب صنعتی در کشورهای اروپایی است. (مهدوی،۱۳۸۱:۳) هدف این پژوهش نیز کاربرد الگوی فازی در سنجش پایداری سکونتگاه‌های روستایی است، که تحلیل خروجی‌های آن می‌تواند معرّف کارایی الگوی فازی در این ارتباط باشد. در واقع ما برای تحقق پایداری با محدودیت‌هایی روبرو هستیم که از طریق امکانات و دسترسی‌ها در اختیار یک سیستم تحمیل می‌شوند. قانون مینیموم لیبگ[(۱)] بیانگر یکی از مهمترین این محدودیت‌هاست که در واقع به ظرفیّت نگهداشت یک سیستم اشاره دارد. پژوهش حاضر با الهام از این قانون در علوم زیستی، سعی نمود پرسش اساسی خود را در حیطه‌ی جغرافیای انسانی، این‌گونه مطرح کند : نقش آستانه‌های جمعیتی یا همان ظرفیّت نگهداشت سیستم در تحقق پایداری یک سکونتگاه چگونه است؟ در ارتباط با اهمیت چنین مطالعاتی نیز باید یادآور شد که بسیاری از کارکردهای فضای روستایی در ارتباط با محیط زیست است، لذا امروزه در بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها و امور مدیریت روستایی، توجه به توسعه‌ی پایدار روستایی و همچنین نحوه‌ی سنجش و ارزشیابی پایداری که مطالعات متوالی آن روند پایداری یا ناپایداری یک سکونتگاه را در طول زمان بازگو می‌نماید ، الزامی است.(مطیعی لنگرودی،۱۳۸۲:۷۸)

ارزشیابی پایداری

گام اساسی در زمینه‌ی تحقق توسعه‌ی پایدار روستایی و تدوین برنامه های مبتنی بر واقعیّت‌ها، شناخت وضع موجود است. چه بسا هر برنامه‌ای بدون شناخت دقیق از وضع موجود خود، عدم تعادل را در یک ناحیه‌ی روستایی به دنبال داشته باشد و موجب یک ناپایداری محیطی شود. برای دست‌یابی به این هدف، نیازمند شناخت وضع موجود هستیم. برای ارزشیابی سطح پایداری یک سکونتگاه، روش‌های متداول مختلفی وجود دارد که هریک دارای نقاط قوت و ضعفی هستند. تعداد شاخص‌ها باعث ایجاد تردید از تعمیم نتیجه به درجه‌ی پایداری یک سکونتگاه می‌شود. از این رو در ارتباط با این گونه مطالعات، ترکیب منطقی شاخص‌ها ضروری به نظر می‌رسد. هدف این مطالعه نیز تعیین یک رتبه بندی از میزان پایداری سکونتگاه‌های مورد مطالعه است؛که با توجه به نقاط ضعف روش‌های متداول از یک شاخص هوشمند جهت سنجش میزان پایداری سکونتگاه‌های روستایی استفاده شده است. در پژوهش حاضر، سطح پایداری سکونتگاه‌های بخش قوشخانه شهرستان شیروان بر مبنای یک منطق چند ارزشی با عنوان «منطق فازی» ارائه شده است. با استفاده از این روش ما قادر خواهیم بود بدون تحمیل روابط خاص بر ساختار شاخص‌های پایداری ، متغیّرهای متعددی را با یکدیگر ترکیب نماییم. تدوین یک چنین شاخص ترکیبی برای ارزشیابی سطح پایداری در حوزه‌ی مطالعات روستایی باعث می‌شود تا منابع بر مبنای نیاز هر سکونتگاه و در راستای تحقق پایداری تخصیص یابند.

به هر حال ارزشیابی پایداری با هر روشی که صورت پذیرد، دارای یک چارچوب از معرّف‌های پایداری خواهد بود،تجربیات جهانی در خصوص شاخص‌ها و معرّف‌های پایداری نیز نشان می‌دهد که تاکنون پنج نوع چار چوب مورد توجه قرار گرفته است، که عبارت‌اند از:

- چارچوب فشار- وضعیت- واکنش [1] (PSR)؛
- اندازه گیری ثروت ملل [2](MW)؛

1. Pressure-state-response
2. Measurement of wealth

- شاخص‌های کمیسیون توسعه‌ی پایدار[1](CSD)؛
- پایداری بارومتری[2] (BS)؛
- ردپای اکولوژیکی[3](EF) (بوسل،۱۳۸۸:۱٤).

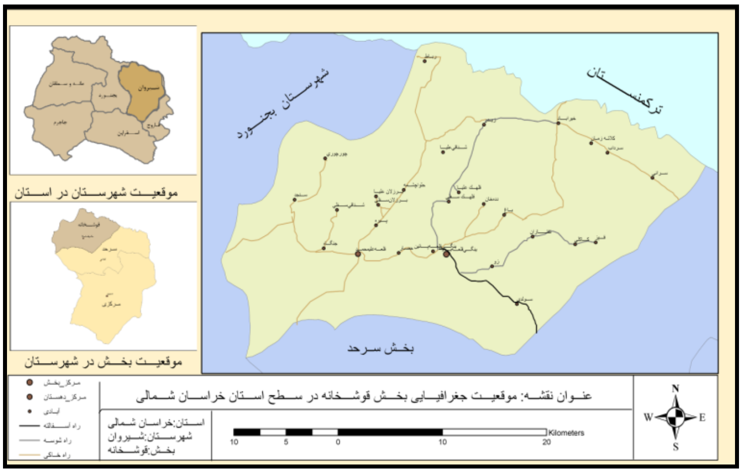
سومین چارچوب که در سال۱۹۹۲ در کمیسیون توسعه‌ی پایـدار سـازمان ملـل مطـرح شـد و اولین گزارش آن در سال ۱۹۹٦ انتشار یافت، به شاخص توسعه‌ی پایـدار معـروف اسـت .ایـن شـاخص در بـر گیرنـده صـد و چهـل معـرّف اسـت کـه در چهـار حـوزه‌ی شـاخص‌هـای اجتماعی،اقتصادی،محیطی ونهادی طبقه بندی شده است.(همان:۱۵) در مطالعه‌ی حاضـر سـعی شد از جدیدترین ویرایش این چارچوب، که در اکتبر ۲۰۰۳ انتشار یافته؛ به دلیـل جـامع بـودن آن و لحاظ سایر تجارب جهانی در آن، مثل چـارچوب نخسـت کمیسـیون اقتصـادی اتحادیـه اروپا، جهت تعیین معرّف‌ها استفاده شود و با توجه به داده هـای موجـود و قابـل دسترسـی در قالب این چارچوب، شاخص سازی صورت گرفت.

موقعیّت ناحیه

بخش قوشخانه با وسعتی معادل۷۸۷/۵۹٦۷ کیلومتر مربع و مختصّات۵۷ درجـه و ۳۰ دقیقـه تـا ۵۷درجه و ٤۸دقیقه طول شرقی از نصف النهار مبدأ و ۳۷ درجه و ۳٦دقیقه تـا ۳۷ درجـه و ٤۸ دقیقه عرض شمالی از خط استوا،در شمال شهرستان شیروان واقع است. این بخش از شمال بـه کشور ترکمنستان، از غرب به شهرستان بجنورد و از جنوب و شرق به بخش سرحد شهرسـتان شیروان محدود می‌شود. از لحاظ تقسیمات سیاسی این بخش به دو دهسـتان قوشـخانه بـالا و پایین تقسیم می‌شود و شامل سی آبادی دارای سکنه است. بخش قوشخانه به لحـاظ توپـوگرافی در یک منطقه‌ی کوهستانی واقع شده و سراسر این بخش کوهستانی از درّه‌های متعدد با رشته کوههـای نسبتاً مرتفع تشکیل شده است. مهم‌تـرین ارتفاعـات منطقـه کـوه میسـکو بـا ۲٤۷۰ متـر در جنـوب روستای سرانی و کوه آلخاص با ۲٦۲۰ متر ارتفاع در غرب این روستاست.

1. Commission of sustainable development
2. Barometer of sustainability
3. Ecological footprint

شکل ۱. موقعیّت جغرافیایی بخش قوشخانه در سطح استان خراسان شمالی



تمامی سکونتگاه‌های منطقه از لحاظ وضعیت طبیعی، کوهستانی و یا درّه‌ای بوده و تعداد هجده سکونتگاه از سکونتگاه‌های منطقه دارای جمعیت کمتر از صد خانوار در سرشماری سال ۱۳۸۵هستند. این وضعیت نشان از کوچک و کوهستانی بودن سکونتگاه‌های منطقه دارد، به گونه‌ای که ۱۳۸٤۹ تن در سی سکونتگاه ساکن‌اند و به طور میانگین هر سکونتگاه دارای صد خانوار و ٤٦۲ تن جمعیت می باشد.

روش کار

شاخص‌ها، مهم ترین معیار اندازه‌گیری و تنها علائم نشان دهنده‌ی وضعیت هر جامعه‌اند. در واقع شاخص‌ها بیانگر وضعیت سیستم هستند که تصویری کلی از هر جامعه را نمایان ساخته و سمت و سوی حرکت هر سیستم را مشخص می‌نمایند. در نهایت درهر سنجشی شاخص-های منتخب باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

۱. کاربردی و هدفمند باشند؛
۲. ارتباط تنگاتنگ و قوی با موضوع مورد بررسی داشته باشند؛
۳. با یکدیگر هم‌بستگی زیادی نداشته باشند؛

٤. در صورت امکان جایگزین مناسبی برای شاخص‌های هم گروه خود باشند؛
٥. آمار و ارقام نسبتاً قابل اعتمادی در مورد شاخص‌های مورد نظر وجود داشته باشد. (رضوانی و صحنه،١٣٨٤:١٦)

در این پژوهش، آمار و اطلاعات مربوط به ۳۲ شاخص[۲] که جمع آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز آنها مقدور بود، از طریق ادارات و سازمان‌های مربوط از جمله جهاد کشاورزی، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، کمیته‌ی امداد امام خمینی، اداره بهزیستی، اداره آموزش و پرورش شهرستان، سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن در سال۱۳۸۵، طرح‌ها و مطالعات انجام شده توسط مهندسین مشاور در منطقه‌ی مورد مطالعه و تکمیل چهارصد پرسشنامه در سطح ده سکونتگاه نمونه صورت گرفت. برای انتخاب نمونه‌ها از روش سهمی فضایی استفاده شده و قبلاً از روایی و پایایی پرسشنامه‌ها اطمینان حاصل شده بود. متأسفانه از چند شاخص مؤثّر و مهم در پایداری روستایی نیز به دلیل نبود داده‌های مورد نیاز چشم‌پوشی شده است.

شاخص‌های مورد مطالعه به سه بخش شاخص‌های: اجتماعی، اقتصادی-کالبدی و زیست محیطی تقسیم شده‌اند. داده ها پس از استخراج وجمع‌آوری از منابع مختلف در نرم افزار اکسل پردازش شده و داده های نهایی با استفاده از نرم افزار مطلب محاسبه شده و وضعیت هر سکونتگاه از لحاظ پایداری در هر یک از ابعاد اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی-کالبدی مشخص شد. در پایان برای تحلیل فضایی یافته ها با توجه به ویژگی‌های هر یک از سکونتگاه‌ها از روش تحلیلی توصیفی، مطالعات آماری هم‌بستگی و رگرسیونی بهره بردیم.

منطق فازی و کاربرد آن در ارزشیابی پایداری

نبود اطمینان قسمت عمده زندگی ما را تشکیل می‌دهد. مجموعه‌ها و منطق فازی روشی را برای چنین شرایطی فراهم می‌کنند.(Al-jarrah and Abu-qdais,2006:301)

تفکر فازی نشأت گرفته از یک دیدگاه فلسفی است که سابقه‌ی چند هزار ساله دارد. همان گونه که فلسفه‌ی ادیان الهی با طبیعت و سرشت انسان سازگار است، تفکر فازی با الهام از فلسفه‌ی شرقی، جهان را همان گونه که هست معرفی می‌کند.(رضوانی:صحنه،١٣٨٤:٦)منطق

فازی در سال ۱۹٦۵ میلادی تولد یافت در آن سال لطفی زاده از دانشگاه برکلی،مقاله ای با عنوان "مجموعه های فازی " در مجله‌ی اطلاعات و کنترل به چاپ رسانید. امروزه در ژاپن فناوری فازی از چنان اهمیت بالایی برخوردار است که ژاپنی‌ها واژه‌ی "فازی" را کلمه کلیدی دهه‌ی جاری و کلاً هزاره سوم می‌دانند. در سال‌های اخیر منطق فازی کاربرد موفقیت آمیزی در شاخه‌های مختلف علمی داشته است، از پیش‌بینی‌های هوا شناسی تا تفسیر قرآن کریم. برای مقایسه و رتبه‌بندی مجموعه‌ای از سکونتگاه‌ها از لحاظ پایداری، نیاز به محاسبه‌ی شاخصی مرکّب از پایداری یک سکونتگاه است، ولی هیچ روش دقیق و مشخصی برای انتخاب متغیّرها، تعیین ارتباط بین آنها و محاسبه‌ی چنین شاخص مرکبی وجود ندارد. چنین شاخص مرکّبی معمولاً نشان‌دهنده‌ی وضعیت چندین متغیّر است که در روش‌های متداول ارزشیابی پایداری معمولاً به این مسأله‌ی مهم توجه نمی‌شود. در روش‌های معمول ارزشیابی پایداری در واقع میزان هم‌بستگی شاخص‌های مختلف پایداری با یکدیگر مورد بررسی قرار می گیرد و در بهترین حالت یک رابطه‌ی ریاضی بین متغیّرهای مختلف کشف خواهد شد.این در حالی است که در یک بحث پیچیده چند بعدی مانند پایداری یک جامعه‌ی انسانی، میزان هم‌بستگی متغیّر وابسته یعنی پایداری از متغیر مستقل (شاخص‌های مختلف پایداری) قابل محاسبه‌ی دقیق نیست، زیرا تأثیر سایر متغیّرها بر متغیر وابسته غیر قابل چشم پوشی یا محاسبه است. از طرفی برای ترکیب کردن شاخص‌های مختلف اجتماعی، هیچ روش مشخصی وجود ندارد. درنتیجه با تعیین عددی که نشان دهنده تصویر کلّی از شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی باشد، مشکلات افزایش می یابند. (همان:٤) در چنین مطالعاتی نیازمند روش‌هایی هستیم که فراتر از محاسبات و الگوسازی‌های ریاضی و اقتصاد سنجی قابلیت تحلیل داشته باشند، که از آنها به روش‌هایی با عناوینی مانند هوش مصنوعی و یا سیستم‌های هوشمند[1] یاد می‌شود. در این مطالعه با استفاده از روش هوشمند منطق فازی سعی شده تا این مشکل اساسی حل شود.

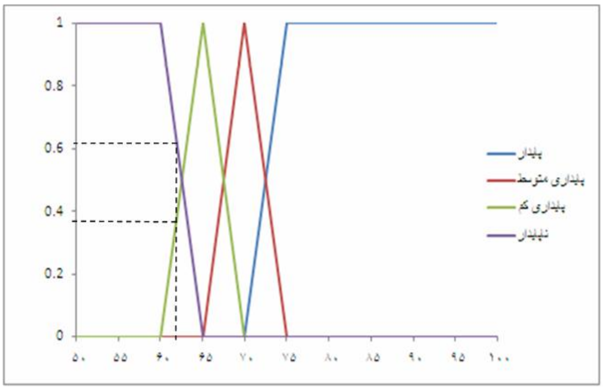
1. Intelligent system

تحلیل پایداری با استفاده از منطق فازی

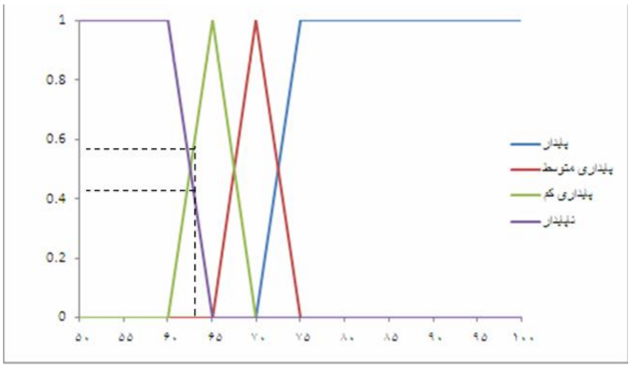
برای یک ارزشیابی صحیح ازپایداری در یک منطقه‌ی جغرافیایی، مجموعه‌ی مراحل مربوط با استفاده از منطق فازی از روش مستقیم ممدانی به این صورت شکل گرفت:

۱. اولین مرحله و شاید مهم‌ترین مرحله‌ی تبدیل مجموعه های قاطع به مجموعه های فازی است که در واقع همان فازی سازی است و بر اساس آن هر شاخص با استفاده از نظریّات جمع آوری شده در قالب یک مصاحبه‌ی سازمان‌یافته از کارشناسان مربوط به یک تابع عضویت که نشانگر وضعیت هر سکونتگاه از لحاظ آن شاخص پایداری است، تبدیل می‌شود. به عنوان نمونه در شکل۳ توابع عضویت میزان رضایت مندی اجتماعی و میزان مشارکت اجتماعی در یک سکونتگاه را به عنوان یک شاخص در پایداری اقتصادی به شکل مجموعه‌ی فازی تبدیل نموده است و با استفاده از آن عضویت هر سکونتگاه از لحاظ میزان مشارکت اجتماعی و میزان رضایت مندی اجتماعی در توابع چهارگانه ناپایداری(Z)،پایداری کم(S)،پایداری متوسط(M) و پایداری(L) مشخص می‌شود. به ترتیب برای تمامی شاخص‌ها توابع عضویت مشابهی تهیه می‌گردد. میزان مشارکت اجتماعی برای روستای ینگی قلعه ۶۲.۳ درصد است که در دو تابع ناپایداری و پایداری کم عضویت دارد و مقادیر عضویت در دو تابع برای روستای ینگی قلعه با خط چین نمایش داده شده است.میزان رضایت مندی اجتماعی نیز در این روستا ۶۳.۲ درصد است که مقادیر عضویت آن در دو تابع ناپایداری و پایداری کم در شکل بعدی با نقطه چین نمایش داده شده است.

شکل ۲. توابع عضویت فازی شاخص میزان مشارکت پذیری اجتماعی برای روستای ینگی قلعه بالا



شکل۳. توابع عضویت فازی شاخص میزان رضایت مندی اجتماعی برای روستای ینگی قلعه بالا



تابع عضویت مجموعه‌ی فازی ناپایداری برای هر دو شاخص ذکر شده به صورت زیر است:

$$Z(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 60 \\ -\frac{1}{5}(x-65), & 60 < x \leq 65 \\ 0, & other\ wise \end{cases}$$

همچنین تابع عضویت مجموعه فازی پایداری کم به شکل زیر است:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \\ \frac{1}{5}(x-60), & 60 < x \leq 65 \\ 1, & o.w. \end{cases}$$

به همین صورت می توان تابع عضویت مجموعه های فازی دیگـر در شـکل هـای بـالا را بـه دسـت آورد.

درجه‌ی عضویت شاخص مشارکت اجتماعی در تابع ناپایداری(Z) =Z(62.3)=۰.۵٤

درجه‌ی عضویت شاخص مشارکت اجتماعی در تابع پایداری کم(S)=S(62.3)=۰.٤٦

درجه‌ی عضویت شاخص رضایت‌مندی اجتماعی در تابع ناپایداری(Z) = Z(63.2)=۰.۳٦

درجه‌ی عضویت شاخص رضایت‌مندی اجتماعی در تابع پایداری کم(S)=S(63.2)=۰.٦٤

۲. در این مرحله شاخص‌ها بر اساس همگنی از لحاظ قرارگیری آنها در یک خوشه از معیـار و یا مؤلّفه‌ی پایداری طبقه‌بندی می‌شوند، سپس با استفاده از عملیات اشتراک فازی که به صورت زیر تعریف می‌شود، از شاخص‌های واقع در یک خوشه اشتراک گرفته می شود.

$$\mu A \cap B(x) = \mu A(x) \wedge \mu B(x)$$

که در آن

$$\mu A \cap B(x) = \mu A(x) \wedge \mu B(x) = \begin{cases} \mu A(x)\ , \mu A(x) \leq \mu B(x) \\ \mu B(x)\ , \mu A(x) > \mu B(x) \end{cases}$$

$\mu A(x) \wedge \mu B(x)$ را می توان به صورت $\min\{\mu A(x), \mu B(x)\}$ نوشت.

به عنوان مثال دو شاخص میزان مشارکت اجتماعی و میزان رضایت‌مندی اجتماعی یک خوشـه را تشکیل داده اند که معرّف میزان پایداری مشارکتی یک سکونتگاه هستند. با توجه به درجه‌ی عضویّت این دو شاخص در توابع عضویّت، چهار قـانون بنیـانی را شـامل مـی‌شـوند. در ایـن مرحله نظر کارشناس خبره در موضوع مورد مطالعه به عنوان پایگاه دانـش و مجموعـه قـوانین بنیانی که در آن متغیّرهای زبانی به کار می رود، اعمال شده و با اسـتفاده از گـزاره هـای اگـر، آنگاه تمام حالات ممکن برای مجموعه شاخص‌های پایـداری و تمـامی سـکونتگاه‌هـا در نظـر گرفته می شود.در واقع کارشناس خبره با توجه به تجربه در موارد مشابه (سـایر سـکونتگاه‌هـای روستایی پایدار یا ناپایدار) و نظر علمی خویش، نوع تابع منتج از ترکیب حالات مختلف این دو شاخص را در قالب این گزاره‌ها تعیین می‌نماید و مقدار عضویت در تابع خروجی نیز اشـتراک دو تابع ورودی است. این عملیات برای تمام شاخص‌ها با توجه به توابع عضویت خـاص هـر

شاخص، صورت می پذیرد. این مرحله به صـورت شـماتیک در شـکل شـماره ٤ نمـایش داده شده است.

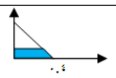
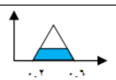
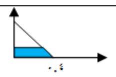
چهار قانون بنیانی مشمول این دو شاخص عبارت‌اند از:

- اگر مشارکت اجتماعی ناپایدار و رضایت مندی اجتماعی ناپایدار، آن‌گاه پایداری اجتماعی ناپایدار؛
- اگر مشارکت اجتماعی ناپایدار و رضایت‌مندی اجتماعی کمی پایدار، آن‌گـاه پایـداری اجتمـاعی کمـی پایدار؛
- اگر مشارکت اجتماعی کمی پایدار و رضایت‌مندی اجتماعی کمی پایدار، آن‌گاه پایداری اجتماعی کمـی پایدار؛
- اگر مشارکت اجتماعی کمی پایدار و رضایت مندی اجتماعی ناپایدار آن‌گاه پایداری اجتماعی ناپایدار.

اکنون قاعده ۱ را در نظر بگیرید. در شکل ٤، ملاحظه می‌شود که مشارکت اجتمـاعی ناپایـدار، برای روستای ینگی قلعـه، دارای درجـه‌ی عضـویت ۰.٥٤ اسـت و رضـایت منـدی اجتمـاعی ناپایدار، درجه‌ی عضویت ۰.۳٦ را دارد. حاصل قسمت "اگر" در این قاعده از اشتراک گـرفتن دو مجموعه فازی مشارکت اجتماعی پایدار (مثلاً $\tilde{A}$) و رضایت مندی اجتمـاعی ناپایـدار (مـثلاً $\tilde{B}$) به دست می‌آید، که عبارت است از:

$$\mu_{\tilde{A}\cap\tilde{B}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\} = \min\{0.54, 0.36\} = 0.36$$

جدول شماره ۱. عملیات اشتراک فازی روی دو شاخص مشارکت اجتماعی و رضایت‌مندی اجتماعی

نتیجه "اگر" در قواعد بر روی "آنگاه"	نتیجه قسمت "اگر" یا $\min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}$	رضایت مندی اجتماعی	مشارکت اجتماعی	قواعد پایه
	۰.۳٦	۰.۳٦	۰.٥٤	۱
	۰.٥٤	۰.٦٤	۰.٥٤	۲
	۰.٤٦	۰.٦٤	۰.٤٦	۳
	۰.۳٦	۰.۳٦	۰.٤٦	٤

۳. در این مرحله با بهره‌گیری از عملیات اجتماع فازی از کلیه‌ی شاخص‌های مورد استفاده در یک سیستم پایداری(اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) اجتماع گرفته می‌شود، که به صورت زیر تعریف می‌شود:

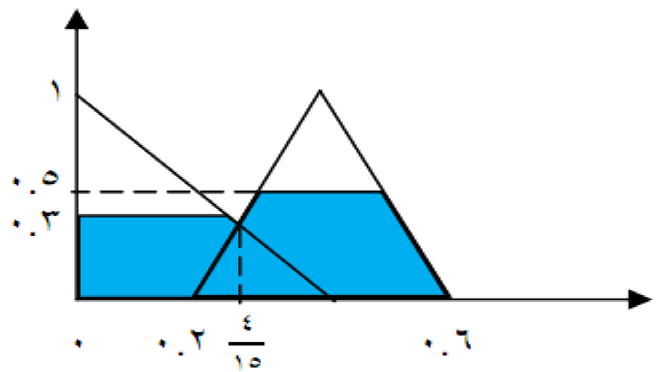
$$\mu A \cup B(x) = \mu A(x) \cup \mu B(x)$$

که در آن

$$\mu A(x) \cup \mu B(x) = \begin{cases} \mu A(x), \mu A(x) \geq \mu B(x) \\ \mu B(x), \mu A(x) < \mu B(x) \end{cases}$$

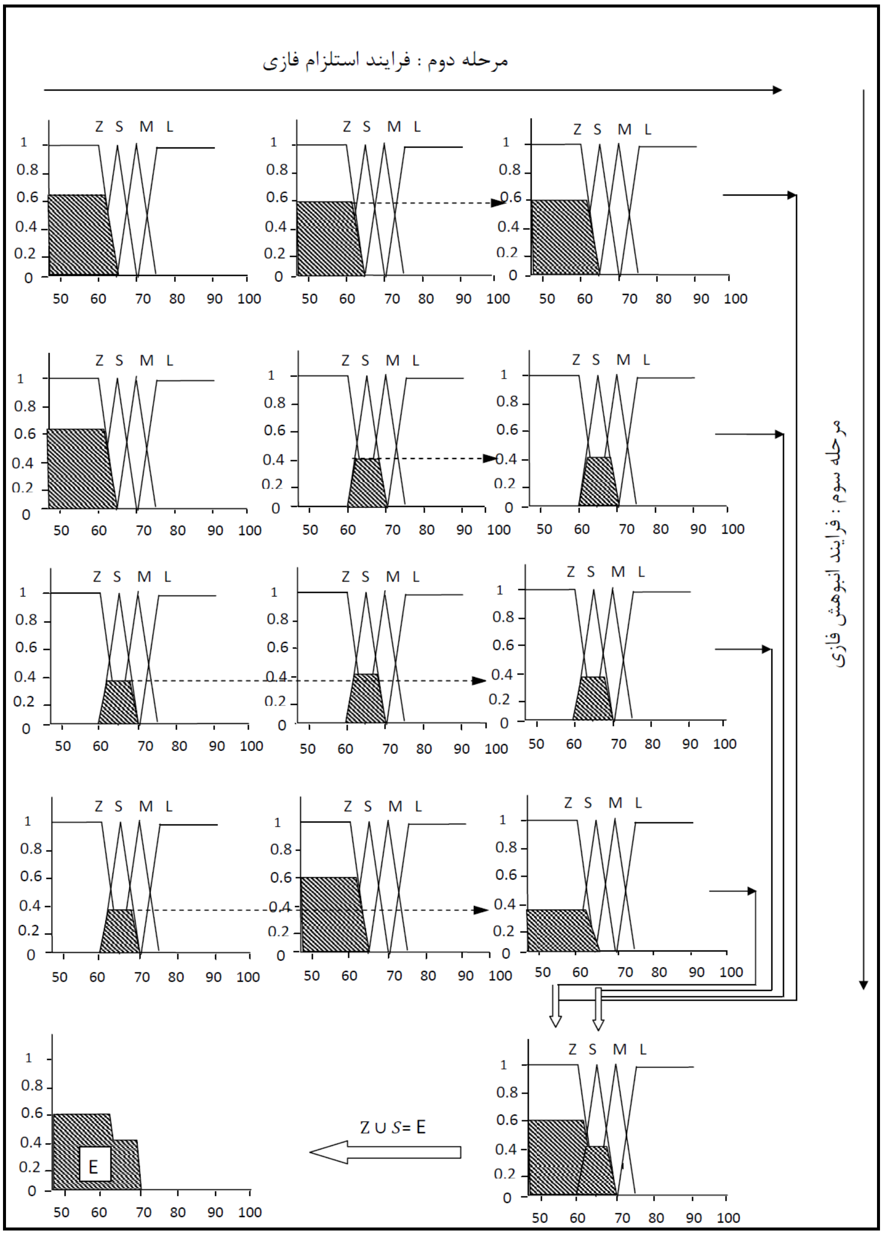
$\mu A(X) \cup \mu B(x)$ را می توان به صورت $\max\{\mu A(x), \mu B(x)\}$ نوشت. این مرحله در واقع فرایند استدلال را تکمیل می‌کند. عملیات اجتماع روی دو شاخص "میزان مشارکت اجتماعی" و "میزان رضایت مندی اجتماعی" در شکل ۵ نشان داده شده است.
اکنون از نتایج "اگر" روی "آن‌گاه" که در جدول شماره ۱ آمد، اجتماع فازی (بیشینه) گرفته می‌شود:

شکل ۴. عملیات اشتراک فازی روی دو شاخص مشارکت اجتماعی و رضایت‌مندی اجتماعی



برای سایر قواعد پایه نیز همین کار را انجام می‌دهیم. اکنون نتیجه‌ی این اشتراک را روی قسمت "آن‌گاه" قاعده ها منعکس می‌کنیم. در شکل ۵ برای تمام قواعد این اعمال انجام شده است.
این روند را برای تمامی روستاها و با احتساب تمامی شاخص‌ها و قواعد پایه انجام داده‌ایم که نتایج آن پایداری یک سکونت‌گاه را در هر یک از ابعاد پایداری مشخص می‌سازد.

شکل ۵. فرایند استدلال فازی با روش مستقیم ممدانی برای دو شاخص مشارکت اجتماعی و رضایت مندی اجتماعی از روستای ینگی قلعه



٤. حاصل مراحل قبل در واقع یک چند ضلعی است که در شکل شـماره ۵ نمـایش داده شـده است، اما باید گفت این نتیجه‌ی نهایی به صورت یک مجموعه فازی است کـه قابـل اعمـال و شاید هم درک برای ما نیست، زیـرا مقـدار عضـویّت یـک سـکونتگاه را در توابـع ناپایـداری، پایداری کم، پایداری متوسط و پایداری، بیان می‌نمایـد و تصـمیم‌گیـری را بـرای ذهـن مـا در ارتباط با این که کدام سکونتگاه پایدارتر است، مشکل می‌سازد. بنابراین ما به یک مقـدار معـیّن به عنوان یک خروجی استدلال، نظیر آنچه قبل از مراحل فرایند کنترل به سیسـتم وارد کـردیم، نیاز داریم و باید این مجموعه‌ی فازی را به یک عدد معیّن بـازگردانیم. ایـن عمـل، کـه آن را نافازی سازی می‌نامند، روش‌های متداول بسیاری دارد که از رایج ترین آنها، روش مرکـز ثقـل است که در واقع مرکز ثقل این چند ضلعی نا منتظم را به صورت عددی معیّن بین صفر و یک مشخص ساخته و درجه‌ی پایداری هر سکونتگاه را مشخص می‌نماید.

توجه کنید که ناحیه‌ی حاصل شده از اجتماع، محدود به محورهای مختصّـات و تـابع زیـر است:

$$f(x) = \begin{cases} 0.36, & 0 \le x \le 0.256 \\ -\frac{5}{2}x + 1, & 0.256 < x \le \frac{4}{15} \\ 5x - 1, & \frac{4}{15} < x \le 0.308 \\ 0.54, & 0.308 < x \le 0.492 \\ -5x + 3, & 0.492 < x \le 0.6 \\ 0, & o.w. \end{cases}$$

سرانجام برای به دست آوردن نتیجه‌ی کنترل فازی، نافازی سازی انجام می‌گیـرد (در ایـن‌جـا از روش مرکز جرم برای عملیات نافازی سازی استفاده کرده ایم)، داریم:

$$Def = \frac{\int_y \mu_{B'}(y) y dy}{\int_y \mu_{B'}(y) dy}.$$

مأخذ: (Al-jarrah and Abu-qdais,2006:301)

$$\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx = \int_{0}^{0.6} xf(x)dx$$
$$= \int_{0}^{0.256} 0.36x\,dx + \int_{0.256}^{\frac{4}{15}} x\left(-\frac{5}{2}x+1\right)dx + \int_{\frac{4}{15}}^{0.308} x(5x-1)dx$$
$$+ \int_{0.308}^{0.492} 0.54x\,dx + \int_{0.492}^{0.6} x(-5x+3)dx \cong 0.07311853$$

همچنین:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = \text{مساحت قسمت رنگ شده} \cong 0.24242667$$

لذا نتیجه می‌گیریم که میزان پایداری اجتماعی روستای ینگی قلعه در ارتباط با این دو شاخص عبارت است از:

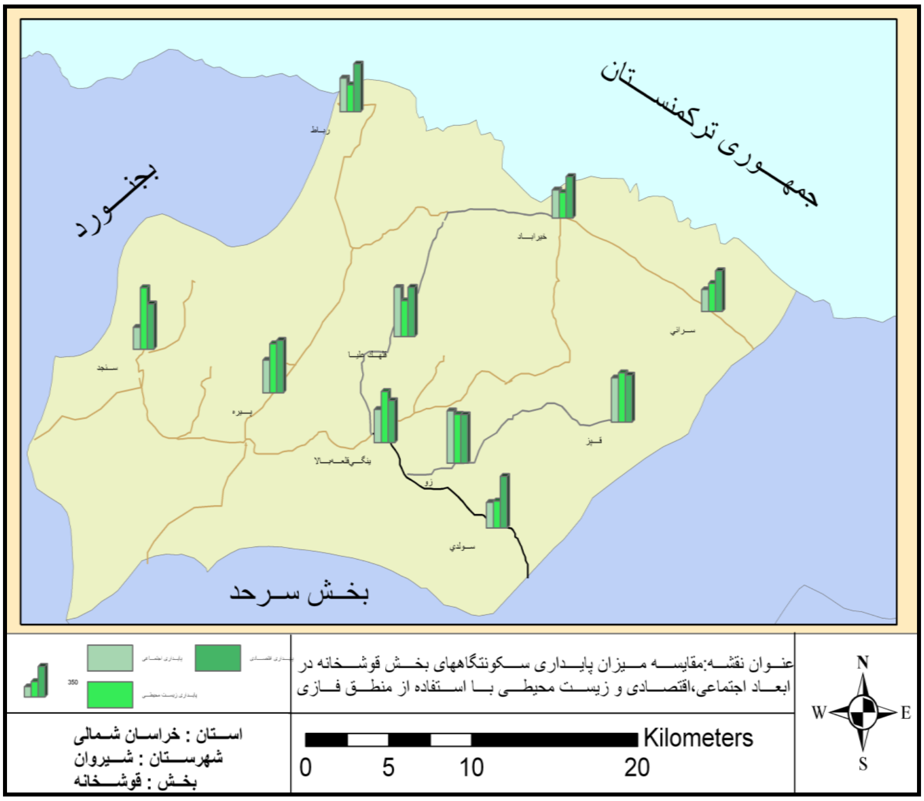
$$\frac{\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx}{\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx} = \frac{0.07311853}{0.24242667} \cong 0.302$$

یافته‌های تحقیق

همان گونه که شکل٦ نشان می‌دهد، میزان پایداری در ابعاد مختلف آن برای سکونتگاه‌های مختلف متفاوت است و از طرفی بین سکونتگاه‌ها از لحاظ درجه‌ی پایداری تفاوت چشمگیری وجود دارد. ضریب پایداری اجتماعی از حداقل ۰/۲۵۲ (روستای سنجد) تا حد اکثر ۰/٦(روستای زو) نوسان دارد. در حالی‌که میزان پایداری اقتصادی از حداقل ۰/٤٦٨(روستای سرانی) تا حد اکثر ۰/٦۰۳ (روستای پیره) در نوسان است. میزان پایداری زیست محیطی نیز از حداقل ۰/۲۹۲ (روستای خیر آباد) تا حد اکثر ۰/۷۰٤ (روستای سنجد) در نوسان است. براساس نتایج به دست آمده روستای زو در مجموعه عوامل پایداری به عنوان پایدارترین روستا و روستای سرانی به عنوان ناپایدارترین روستا مشخص شده است. در بین ابعاد مختلف پایداری، پایداری اقتصادی سکونتگاه‌ها کم‌ترین نوسان را دارد و این نشان‌دهنده توان نسبتاً پایدار و متعادل منطقه در تأمین معیشت ساکنان آن است. از طرف دیگر، از لحاظ پایداری اجتماعی و زیست محیطی، دامنه‌ی نوسان بین سکونتگاه‌ها گسترده‌تر است. که در ارتباط با ناپایداری

زیست محیطی تنگناهای محیطی، و فعالیت‌های انسانی عامل اصلی است، ولی در ارتباط با ناپایداری اجتماعی باید سایر عوامل را جستجو نمود.

شکل ۶. میزان پایداری سکونتگاه‌های بخش قوشخانه در ابعاد اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی



سکونتگاه‌هایی که از لحاظ اندازه‌ی جمعیتی کوچک‌ترانـد مثـل زو، قپـز، پیـره و قلهـک علیـا بالاترین رتبه های پایداری کلی سکونتگاه‌ها را کسب نمـوده انـد. پـس از مطالعـه‌ی ضـریب هم‌بستگی و رگرسیونی بین جمعیت و خروجی‌های الگوی فازی در ابعاد اجتمـاعی، اقتصـادی و زیست محیطی آشکار شد که بین پایـداری اجتمـاعی سـکونتگاه‌هـا و انـدازه جمعیتـی آنهـا رابطه‌ی معنادار مسلّمی وجود دارد. این در حالی است کـه ایـن رابطـه‌ی معنـادار معکـوس در مورد پایداری اقتصادی با هم‌بستگی کم‌تری مشاهده می‌شود، ولی در ارتباط با پایداری زیسـت

محیطی چنین رابطه‌ی آشکاری به نظر نمی‌رسد. لذا باید گفت با توجه به ویژگی‌های طبیعی خاص منطقه و تنگناهای طبیعی موجود توان اکولوژیکی منطقه اجازه‌ی شکل‌گیری سکونتگاه‌های با اندازه جمعیتی بیشتر را نمی‌دهد. اگرچه سکونتگاه‌های کوچک منطقه(۲۵۰-۱۰۰) طیّ دوره‌های آماری (۸۵-۱۳۵۵) از ۳/۷۳ درصد کل روستاها به شصت درصد کل سکونتگاه‌ها کاهش یافته‌اند، اما باید گفت در هیچ یک از دوره ها ما شاهد ایجاد سکونت‌گاهایی در گروه روستا- شهرها نیستیم. این وضعیت نشان‌دهنده‌ی محدودیّت‌های طبیعی منطقه و به دنبال آن ناپایدار شدن یک سکونتگاه از لحاظ اقتصادی و اجتماعی به موازات رشد جمعیتی آن است. در همین دوره های آماری روستاهای متوسط با افزایش قابل توجهی در جمعیت و تعداد روبرو بوده اند. این روند از تحولات جمعیتی نشان‌دهنده‌ی آن است که به دلیل پایین بودن آستانه‌ی جمعیتی در این‌گونه سکونتگاه‌ها ادامه‌ی فعّالیت در آنها محدود بوده و از طرفی به دلیل تنگناهای طبیعی شکل‌گیری سکونتگاه‌های با اندازه جمعیتی بالا ممکن نیست و بهترین شکل سکونتگاه‌ها در منطقه‌ی سکونتگاه‌های متوسط است. در این ارتباط مهم ترین اقدامی که در نتیجه‌ی این پژوهش پیشنهاد می‌شود، توجه به سکونتگاه‌های منطقه به عنوان یک محل زیست و کمینه کردن بیشینه‌ی[1] ضعف هر سکونت‌گاه بر اساس جایگاه و نقشی که در سیستم سکونت‌گاهی منطقه دارند، است. باید توجه داشت برای شناخت دقیق از وضعیت موجود سکونتگاه‌های روستایی از لحاظ پایداری نمی توان به تدوین معیارها و ملاک‌های کمّی بسنده نموده و با یک نگاه دوسویه و یا دو ارزشی در ارتباط با یک شاخص، سکونت‌گاهی را پایدار و یا ناپایدار دانست و از طرفی ترکیب چنین ملاک‌های قطعی و خشک نیز نتیجه‌ی درخوری را نخواهد داشت. نگاه به پایداری روستا باید به عنوان یک پدیده‌ی پویا و چند بعدی باشد. در این مطالعه با بهره‌گیری از یک چنین الگویی در ارزشیابی پایداری به ضرورت استفاده از روش‌ها و الگوهای نوین تحقیق و تحلیل اطلاعات به منظور بالا بردن دقت مطالعات تأکید شد.

---

1. Minimax

جدول۲. درجه‌ی پایداری سکونتگاه‌های بخش قوشخانه با روش منطق فازی

نام سکونتگاه	پایداری اقتصادی	رتبه	پایداری زیست محیطی	رتبه	پایداری اجتماعی	رتبه	پایداری کلی سکونتگاه	رتبه
زو	۰/۵۵۷	٤	۰/٥٦١	۵	۰/٦	۱	۰/۵۷۲۷	۱
قپز	۰/٥٤	٦	۰/٥٦٦	۳	۰/۵۰۹	۳	۰/۵۳۸۳	۲
پیره	۰/٦۰۳	۱	۰/٥٦٢	٤	۰/۳۷٦	٦	۰/۵۱۳۷	۳
قلهک علیا	۰/٥٦٤	۳	۰/٤۱	٦	۰/٥٦۳	۲	۰/۵۱۲۳	٤
سنجد	۰/۵۱۹	۷	۰/۷۰٤	۱	۰/۲۵۱	۱۰	۰/٤۹۱۳	۵
ینگی قلعه	۰/٤۸۲	۸	۰/۵۸۷	۲	۰/۳۸۱	۵	۰/٤۸۳۳	٦
رباط	۰/٥٤۸	۵	۰/۳۰۹	۸	۰/۳۸٦	٤	۰/٤۱٤۳	۷
سولدی	۰/۵۹۲	۲	۰/۳۰۹۱	۹	۰/۲۹۳	۸	۰/۳۹۸	۸
خیرآباد	۰/٤۷٤	۹	۰/۲۹۲	۱۰	۰/۳۲۲	۷	۰/۳٦۲۷	۹
سرانی	۰/٤٦۸	۱۰	۰/۳۲۳	۷	۰/۲۵۱	۹	۰/۳٤۷۳	۱۰
میانگین	۰/۵۳٤۷		۰/٤٦۲۳		۰/۳۹۳۲		۰/٤٦۳٤	
انحراف از معیار	۰/۰٤۵٤٦		۰/۱٤۲۳۱۹٤		۰/۱۱۸۷٦۷		۰/۰۷۳٤۵۵	

توضیحات

[1]. لیبیگ(**Libig**) فیزیولوژیست آلمانی در سال ۱۸٤۰ قانونی را با عنوان قانون کمینه معرفی نمود که براساس آن رشد گیاهان در یک اکوسیستم طبیعی به عناصری که به وفور یافت می شود، بستگی ندارد؛ بلکه در این میان عنصری که در محیط کمترین مقدار را دارد نقش تعیین کننده در رشد گیاه ایفا می کند (نیشابوری،۱۳۷۹:٦۰).

۲. دادههای مربوط به شاخصهای مورد مطالعه در پیوست ذکر شده است.

۳. پیوست: مجموعه شاخصهای مورد مطالعه

ردیف	شاخصهای اجتماعی	ردیف	شاخصهای زیست محیطی	ردیف	شاخصهای اقتصادی و کالبدی
۱	نرخ بیکاری	۱۱	شیب	۲۱	تمایل به سرمایه گذاری در روستای محل سکونت
۲	نسبت خانوارهای تحت پوشش	۱۲	نسبت اراضی آبی به کل اراضی	۲۲	سرانه همسان شده ازاراضی زراعی آبی،دیم،و باغات
۳	نسبت جمعیت زیر ٦سال و بالای٦٥سال	۱۳	تنوع منابع آب کشاورزی	۲۳	میانگین تنوع معیشتی خانوار
٤	نسبت کود کان فوت شده کمتر از پنج سال	۱٤	رضایت از کمیت و کیفیت آب و خاک	۲٤	درآمد سرانه خانوار
۵	نرخ رشد جمعیت	۱۵	فاصله دو آیش	۲۵	سرانه واحد دامی بزرگ(گاو)
٦	میانگین کالری مصرفی در یک روز	۱٦	مساحت آیش	۲٦	سرانه واحد دامی کوچک(بز و گوسفند)
۷	نسبت باسوادی	۱۷	تنوع محصولات زراعی، باغی و دامی	۲۷	فاصله تا مرکز بخش
۸	میزان رضایت مندی اجتماعی	۱۸	رضایت از منظر طبیعی و سبزینگی روستا	۲۸	فاصله تا مرکز دهستان
۹	میزان مشارکت اجتماعی	۱۹	نسبت خانوارهای بهره بردار از انرژی فسیلی	۲۹	درجه کیفیت راه ارتباطی روستا
۱۰	نسبت باسوادی زنان به مردان	۲۰	میزان پایبندی به مراقبت از منابع طبیعی	۳۰	نسبت خانوارهای ساکن در مساکن غیر ملکی
				۳۱	نسبت خانواده های برخوردار از تلفن ثابت
				۳۲	درجه مرکزیت خدماتی در نظام سلسله مراتبی سکونتگاه

منابع و مآخذ:

۱. بارو. سی جی، (۱۳۷٦)، ***"توسعه پایدار: مفهوم، ارزش و عمل"***، ترجمه‌ی سید علی بدری، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی شماره٤٤ .

۲. بدری. سیدعلی، (۱۳۸۰)، ***ارزیابی پایداری راهبرد اسکان مجدد روستایی.نمونه موردی مجموعه ادغامی آب بر***، پایان نامه‌ی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. بوسل. هارتموت، (۱۳۸۸)، ***معرّف‌های توسعه‌ی پایدار***، ترجمه‌ی سید علی بدری و عبدالرضا رکن الدین افتخاری، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم.

٤. پزشکی. ویدا، زرافشانی. کیومرث، (۱۳۸۷)، ***"کاربرد منطق فازی در ارایه‌ی الگوی ارزشیابی سطوح توسعه‌ی کشاورزی دهستان‌های شهرستان کرمانشاه"***، فصلنامه‌ی روستا و توسعه، شماره٤، صفحات ۷۰-۵۳.

۵. تاناکا.کازو، (۱۳۸٦)، ***مقدمه‌ای بر منطق فازی برای کاربردهای عملی***، ترجمه‌ی علی وحیدیان کامیاد و حامد رضا طارقیان، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

٦. حسین زاده دلیر.کریم، (۱۳۸۰)، ***برنامه‌ریزی ناحیه‌ای***، سمت.

۷. درسنر. سیمون، (۱۳۸٤)، ***مبانی پایداری***، ترجمه‌ی محمود دانشور کاخکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول.

۸. رضوانی. محمدرضا،صحنه.بهمن، (۱۳۸٤)، ***"سنجش سطوح توسعه یافتگی نواحی روستایی با استفاده از منطق فازی"***، فصلنامه‌ی روستا و توسعه، پاییز ۱۳۸٤،۱-۳۲.

۹. طاهری. س م، (۱۳۷۵)، ***آشنایی با نظریه مجموعه های فازی***، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰. گلی. علی، عسگری.علی، (۱۳۸۵)، ***"کاربرد منطق فازی در تبدیل روستا به شهر:استان تهران"***، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، دوره۱۰، شماره۲.

۱۱. مطیعی لنگرودی. سیدحسن، (۱۳۸۲)، ***برنامه‌ریزی روستایی با تأکید بر ایران: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد***، چاپ اول.

۱۲. مهدوی، مسعود، (۱۳۸۱)، ***مقدمه‌ای بر جغرافیای روستایی ایران جلد اول***، سمت، چاپ اول.

13. Al-Jarrah. Omar,Abu-Qdais. Hani,***Municipal solid waste landfill sitting using intelligent system***, Waste Management 26 (2006) 299–306
14. Cornelissen. A.M.G, Berg van den, Koops.W.J,Grossman. M,Udoa .H.M.J, ***Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory***, Agriculture, Ecosystems and Environment 86 (2001) 173–185
15. Phillis, Yannis A. and Vassilis S. Kouikoglou. ***Fuzzy measurement of sustainability***, Nova Science Publishers,2009
16. Sumner. Jennifer, Value wars in the new periphery: ***Sustainability, rural communities and agriculture, Agriculture and Human Values*** (2005) 22: 303–312 Springer 2005 DOI 10.1007/s10460-005-6047